



SIMULASI LERENG STABIL BERDASARKAN PENGARUH TINGGI MUKA AIR TANAH TERHADAP FAKTOR KEAMANAN LERENG (STUDI KASUS RUAS JALAN MENUJU GEOPARK CILETUH, KECAMATAN CIEMAS, SUKABUMI, JAWA BARAT)

Rizky Rizal Chairy^{1*}, Zufaldi Zakaria¹, Agung Mulyo¹
¹Fakultas Teknik Geologi Universitas Padjadjaran, Bandung

*Korespondensi: ur.rivaldy@gmail.com

ABSTRAK

Curah hujan yang tinggi mempengaruhi infiltrasi air terhadap tanah. Dengan masuknya air ke dalam tanah, dapat mempengaruhi kadar air dalam tanah. Air tanah ini dapat mempengaruhi kestabilan lereng dan dapat menyebabkan terjadinya longsor. Hal ini yang menyebabkan terjadinya longsor di Jalan Cipeucang, Kecamatan Ciemas, Sukabumi. Simulasi dilakukan dengan bertujuan untuk mengetahui pengaruh kedalaman muka air tanah sehingga dapat diketahui rekomendasi muka air tanah agar lereng tetap dalam keadaan stabil. Penghitungan kestabilan lereng menggunakan metode *Limit Equilibrium* dengan menggunakan metode Bishop. *Limit Equilibrium* ini menghitung faktor keamanan lereng berdasarkan batas keseimbangan antara gaya pendorong dan gaya penahan. Setelah melakukan pengolahan data melalui *software Rocscience Slide*, berdasarkan metode Bishop, lereng LR-2A dapat dikatakan stabil apabila kedalaman muka air tanah > 5,72m.

Kata kunci: kestabilan lereng, simulasi, muka air tanah, faktor keamanan, Ciemas

ABSTRACT

Rainfall intensity affect the infiltration of the water to earth. Infiltration can affect water content. Thus, water content can affect slope stability and caused landslide. This happened at Cipeucang Road, Ciemas Subdistrict, Sukabumi. Simulation based on purpose to determine the effect of ground water level thus give recommendation for ground water level to get stable condition of slope. The determination of slope stability uses the Limit Equilibrium Methods with Bishop Methods. Limit Equilibrium count safety factor of slope based on equilibrium of driving force and resisting force. The result from Rocscience Slide software by Bishop Methods show that slope can be stable if ground water level is 5,72 m beneath the surface.

Keywords: slope stability, simulation, ground water, safety factor, Ciemas

1. PENDAHULUAN

Longsor atau pergerakan tanah dapat didefinisikan sebagai pergerakan atau perpindahan suatu massa batuan, tanah, atau bahan rombakan material penyusun lereng (yang merupakan percampuran tanah dan batuan) menuruni lereng yang diakibatkan oleh terganggunya kestabilan tanah atau batuan penyusun lereng tersebut. Pergerakan tanah tersebut dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti gaya gravitasi, dimensi lereng, serta termasuk kadar air dan

gempa yang mempengaruhi kestabilan lereng.

Peningkatan muka air tanah (MAT) mengakibatkan tingginya infiltrasi ke dalam tubuh lereng. Kondisi ini akan meningkatkan kadar air tanah. Kadar air yang berlebih pada suatu lereng dapat menyebabkan ketidakstabilan pada lereng sehingga memungkinkan adanya pergerakan tanah pada lereng tersebut. Hal ini terjadi pada daerah penelitian dimana pergerakan tanah terjadi setelah turun hujan pada daerah penelitian. Daerah

penelitian berlokasi pada daerah Cipeucang, Desa Mekarsakti, Kecamatan Ciemas, Kabupaten Sukabumi, Jawa Barat.

Sifat mekanik dan sifat fisik material penyusun lereng pada daerah penelitian dapat dijadikan dasar simulasi lereng stabil dengan memasukan beberapa faktor. Faktor utama yang ditinjau dalam penelitian ini merupakan faktor kadar air pada lereng dan beban lereng. Dengan meninjau ulang ketinggian muka air tanah serta bobot lereng, maka kestabilan lereng dapat dijaga agar lebih stabil.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Gerakan massa ialah perpindahan massa tanah/batu pada arah tegak, mendatar atau miring dari kedudukan semula. Gerakan massa (mass movement) tanah atau sering disebut longsor (landslide) merupakan salah satu bencana alam yang sering melanda daerah perbukitan daerah tropis basah. (Zakaria, 2011).

Menurut Verhoef (1985; dalam Zakaria, 2011) longsor seringkali terjadi akibat adanya pergerakan tanah pada kondisi daerah lereng yang curam, serta tingkat kelembaban (moisture) tinggi, tumbuhan jarang (lahan terbuka) dan material kurang kompak. Faktor lain untuk timbulnya longsor adalah rembesan dan aktifitas geologi seperti patahan, rekahan dan liniasi. Kondisi lingkungan setempat merupakan suatu komponen yang saling terkait. Bentuk dan kemiringan lereng, kekuatan material, kedudukan muka air tanah dan kondisi drainase setempat sangat berkaitan pula dengan kondisi drainase setempat sangat berkaitan pula dengan kondisi kestabilan lereng.

Dari definisi di atas, dapat disimpulkan bahwa gerakan massa tanah atau batuan adalah gerakan perpindahan atau pergerakan keluar atau menuruni lereng oleh massa tanah atau batuan penyusun lereng, ataupun bahan rombakan dari bahan penyusun lereng, akibat terganggunya kestabilan tanah atau batuan penyusun lereng tersebut.

Menurut Zakaria (2009), lereng yang alami maupun lereng buatan memiliki nilai kestabilan lereng yang dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu gaya penahan dan gaya penggerak yang bekerja dalam kestabilan lereng tersebut. Ketika gaya penahan lebih besar dari gaya penggeraknya, maka lereng tersebut akan berada dalam keadaan stabil, sedangkan jika gaya penahan lebih kecil dari gaya penggerak maka lereng tersebut akan longsor. Untuk menyatakan nilai (tingkat) kestabilan suatu lereng dikenal dengan istilah faktor keamanan lereng (safety factor), yang merupakan hasil perbandingan antara besar gaya penahan terhadap gaya penggerak longoran.

Di antara metode irisan lainnya, metode Bishop yang disederhanakan merupakan metode yang paling populer dalam analisis kestabilan lereng (Pujianto, 2016). Asumsi yang digunakan dalam metode ini adalah besarnya gaya geser antaririsan sama dengan nol ($X = 0$) dan bidang runtuh berbentuk sebuah busur lingkaran. Kondisi kesetimbangan yang dapat dipenuhi oleh metode ini adalah kesetimbangan gaya dalam arah vertikal untuk setiap irisan dan kesetimbangan momen pada pusat lingkaran runtuh untuk semua irisan, sedangkan kesetimbangan gaya dalam arah horizontal tidak dapat dipenuhi. Persamaan untuk menghitung faktor keamanan (FS) sebagai berikut (Bishop, 1955; Pujianto, 2016):

Untuk memperhitungkan pengaruh gempa, hal yang sering dilakukan dalam analisis stabilitas lereng adalah dengan menggunakan konstanta numerik yang disebut koefisien gempa. Metode yang diterapkan pada penghitungan koefisien gempa berupa pseudodynamic analysis (Choudury & Sanjay, 2005).

3. METODE

Penelitian dimulai dengan studi pustaka mengenai geologi daerah Ciemas, geologi teknik daerah Ciemas, serta penyusunan prosedur kerja lapangan. Selanjutnya dilakukan pengambilan sampel. Pengambilan sampel lereng dilakukan menggunakan Shelby Tube sehingga sampel yang diambil berupa sampel tak terganggu (undisturbed sample/UDS) yang bertujuan agar kondisi sampel tetap seperti pada kondisi aslinya. Sampel ini selanjutnya akan diuji di laboratorium sehingga diperoleh sifat mekaniknya. Selain pengambilan sampel, dilakukan pula pengukuran geometri lereng.

Tahapan selanjutnya berupa pengujian laboratorium meliputi pengujian sifat fisik dan sifat mekanik dari sampel. Sifat fisik yang diuji berupa bobot satuan material (unit weight). Sedangkan untuk sifat mekanik dilakukan Uji Kuat Geser Langsung (Direct Shear) sehingga diperoleh sudut geser dalam dan kohesi dari sampel yang diuji.

Tahap pengerjaan studio merupakan tahap analisis dari parameter-parameter yang telah diperoleh dari uji lab untuk menghitung nilai faktor keamanan lereng melalui bantuan software Rocscience Slide dengan metode Bishop. Simulasi ini dilakukan untuk mendapatkan lereng stabil dengan variasi kedalaman muka air tanah (kedalaman 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, dan 8 meter di bawah permukaan); dengan kondisi statis maupun dengan memperhitungkan koefisien gempa (seismic load) horizontal bernilai 0,523g dan vertikal bernilai 0,261 g.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil pengambilan sampel tidak terganggu (undisturbed sample) pada lokasi penelitian LR-2A, maka tanah hasil lapukan dari batuan ini adalah lanau dengan plastisitas tinggi (MH). Hasil deskripsi lapangan menunjukkan bahwa tanah tersebut memiliki warna coklat, bersifat kohesif (dalam kondisi alami), lunak, struktur lapisan homogen, ukuran butir lanau, bentuk komponen membulat, plastisitas tinggi, kohesif, dan kadar air di lapangan dikategorikan lembap. Berdasarkan hasil pengukuran di lapangan dan uji laboratorium, diperoleh data sebagai berikut.

Tabel 4.1 Geometri Lereng LR-2A

Kode Lereng	Lokasi	Easting	Northing	Slope °	Tinggi	Lebar
LR2A	Cipeucang	106.499222	-7.2486111	63	9	44.8

Tabel 4.2 Sifat Fisik dan Mekanik Material Tanah

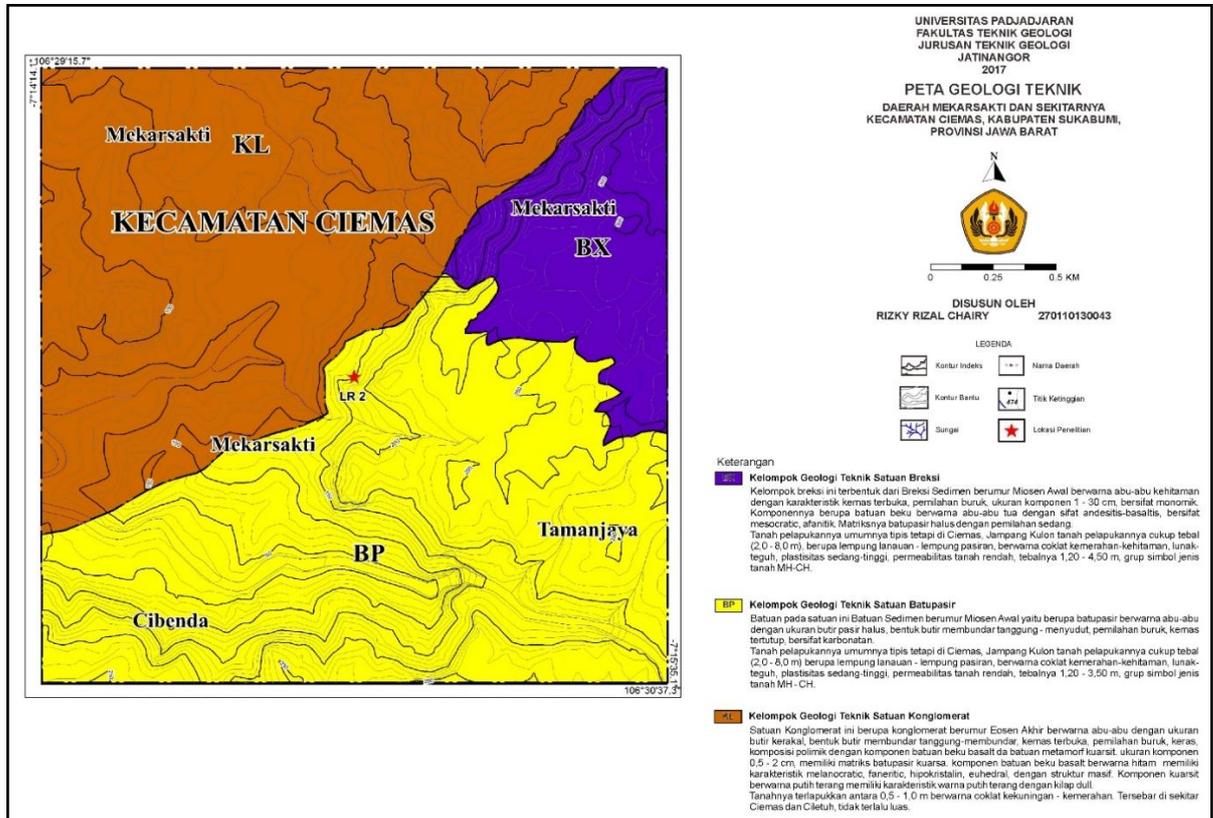
Kode Lereng	γ dry	γ	c	ϕ
	(gr/cm ³)	(gr/cm ³)	(kg/cm ²)	(°)
LR2A	1.1912	1.8664	0.33	34.1

Untuk menganalisa faktor keamanan lereng, tentu tidak hanya material tanah yang diperhitungkan, tetapi material batuan juga perlu dimasukkan ke dalam analisa sehingga menghasilkan perhitungan yang lebih teliti. Karakteristik batuan yang berada di bawah lapisan tanah diperoleh melalui Peta Geologi Teknik Daerah Ciemas dan sekitarnya (gambar 4.1),

Simulasi Lereng Stabil berdasarkan Pengaruh Tinggi Muka Air Tanah terhadap Faktor Keamanan Lereng (Studi Kasus Ruas Jalan Menuju Geopark Ciletuh, Kecamatan Ciemas, Sukabumi, Jawa Barat) (Rizky Rizal Chairy)

kemudian data tersebut dikonversikan melalui software RocData sehingga diperoleh data sifat mekanik batuan.

Berdasarkan analisa software RocData maka diperoleh sifat fisik dan sifat mekanik batuan sebagai berikut.



Gambar 4.1 Peta Geologi Teknik Daerah Ciemas dan Sekitarnya

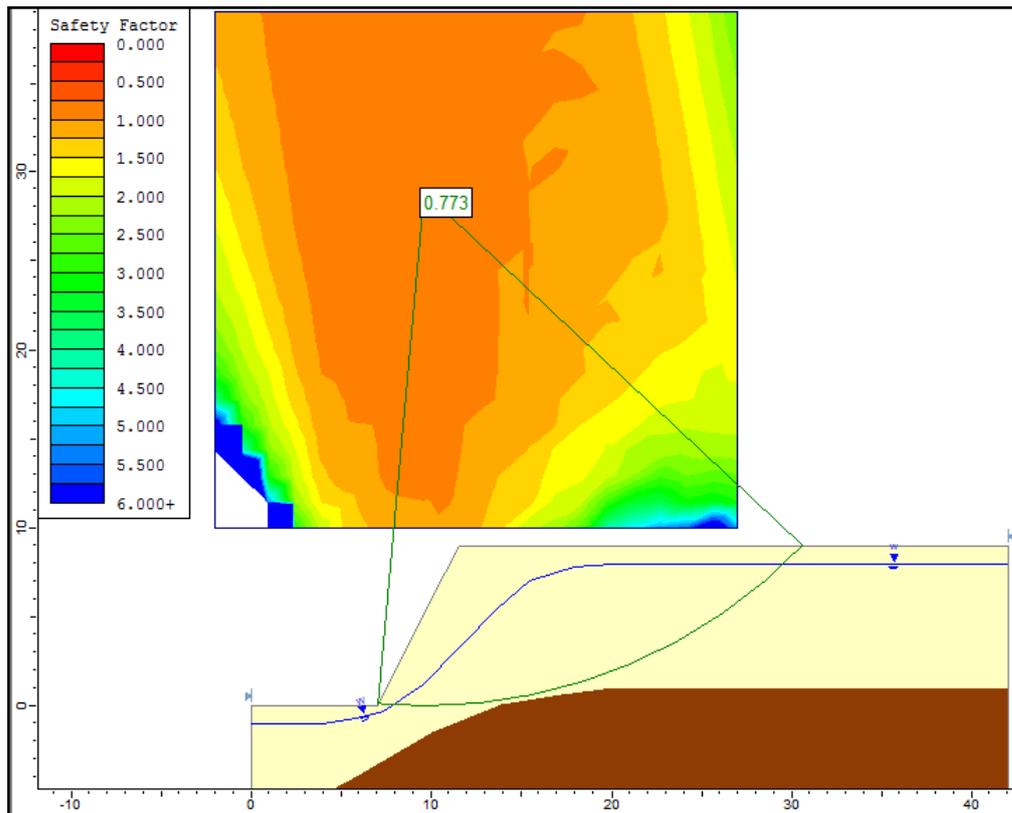
Tabel 4.3 Sifat Fisik dan Mekanik Batupasir

γ (kN/m ³)	C (kN/m ²)	Φ (°)
19	37.323	38.4

Kegempaan pada daerah penelitian berpengaruh pada koefisien gempa sehingga dapat berpengaruh dalam menghitung hasil nilai FS dalam simulasi. Nilai koefisien gempa nantinya akan diinput ke dalam proses perhitungan sebagai seismic load. Berdasarkan kordinat titik penelitian, kekuatan gempa (PGA) yang tercatat adalah sebesar 0.523g (Website Desain Spektra Indonesia, 2010).

Dalam proses perhitungan, seismic load yang digunakan koefisien untuk gempa horizontal merupakan 0,523 sedangkan untuk koefisien gempa vertikal bernilai 0,261.

Data yang telah diperoleh melalui pengukuran lapangan, uji laboratorium, maupun studi pustaka selanjutnya diolah dalam software Rocscience Slide untuk menganalisa nilai faktor keamanan lereng terhadap penurunan kedalaman muka air tanah pada lereng tersebut. Analisa nilai FS dilakukan dengan metode Bishop. Contoh simulasi terdapat pada gambar 4.2.



Gambar 4.2. Simulasi Lereng dengan Kedalaman MAT 1 meter.

Data yang diinput ke dalam software berupa γ_{dry} soil 11,685 kN/m³, γ_{wet} soil 18.309 kN/m³, c soil 32.37 kN/m², ϕ soil 34.1°, γ Batupasir 19 kN/m³, c Barupasir 37.323 kN/m², ϕ Batupasir 38.4°, seismic load horizontal 0.523, dan seismic load vertical 0.261. Kedalaman MAT berubah per 1 meter hingga kedalaman 8 meter.

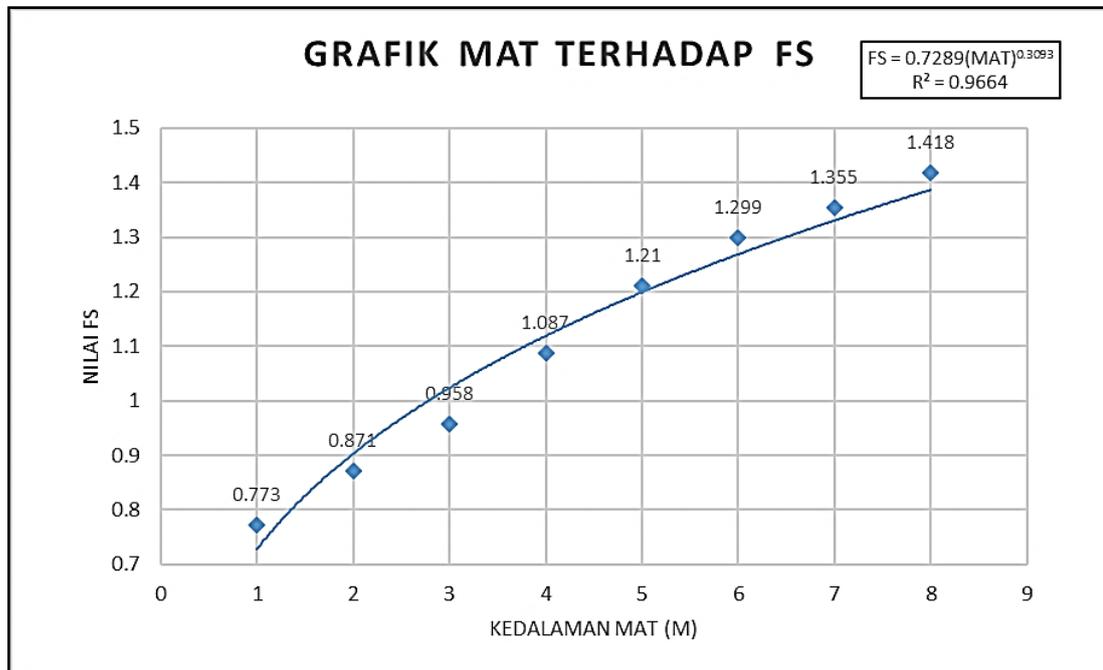
Berdasarkan hasil simulasi perhitungan nilai FS pada Lereng LR2A, maka data tersebut menjadi sumber untuk pembuatan grafik hubungan MAT terhadap nilai FS. Data tersebut dapat dilihat sebagai berikut.

Tabel 4.4 Nilai FS Simulasi Lereng Alami Berdasarkan Pengaruh Penurunan Nilai MAT

Keterangan	FS	Kondisi Lereng
Kedalaman MAT 1 m	0.773	Labil
Kedalaman MAT 2 m	0.871	Labil
Kedalaman MAT 3 m	0.958	Labil
Kedalaman MAT 4 m	1.087	Kritis
Kedalaman MAT 5 m	1.210	Kritis
Kedalaman MAT 6 m	1.299	Stabil
Kedalaman MAT 7 m	1.355	Stabil
Kedalaman MAT 8 m	1.418	Stabil

Dengan hasil demikian, maka pengaruh penurunan MAT terhadap nilai

FS pada lereng dapat dihubungkan dengan grafik pada gambar 4.3.



Gambar 4.3 Grafik MAT Terhadap FS

Dari grafik tersebut diperoleh rumus fungsi kedalaman MAT terhadap FS. Grafik tersebut memiliki nilai keterkaitan $R^2 = 0,9664$ (nilai ini mendekati akurat karena mendekati 1). Fungsi FS dari grafik tersebut adalah

$$FS = 0.7289 (MAT)^{0.3093}$$

Berdasarkan persamaan tersebut, maka nilai-nilai batas dalam nilai FS pada klasifikasi berdasarkan Bowles dapat dimodifikasi. Untuk nilai FS 1,07 kedalaman MAT diperoleh nilai 3,46 m. Untuk nilai FS 1,25 maka kedalaman MAT diperoleh nilai 5,72 m. Maka, tabel hubungan FS Bowles (1984) dapat dimodifikasi seperti pada table 5.

Perlu diperhatikan bahwa nilai FS dengan kedalaman MAT lebih dari 8m sudah tidak mempengaruhi nilai FS (nilai 1.418) sehingga untuk persamaan tersebut tidak berlaku pada MAT lebih dari 8m.

Tabel 5. Hubungan Nilai FS (Bishop), Intensitas Longsor, dan Kedalaman MAT (Modifikasi Bowles, 1984)

Nilai FS	Intensitas Longsor	Kedalaman MAT
$FS \leq 1,07$	Longsor biasa/sering terjadi	$MAT \leq 3,46$ m
$1,07 < FS \leq 1,25$	Longsor pernah terjadi	$3,46 < MAT \leq 5,72$
$FS > 1,25$	Longsor jarang terjadi	$MAT > 5,72$

Dari hasil simulasi di atas diperoleh hasil bahwa dengan metode Bishop, menurunkan MAT hingga kedalaman 5,72m dapat membuat lereng dalam kondisi stabil. Lereng berada dalam kondisi kritis pada MAT dengan kedalaman $\leq 3,46$ m, lereng labil pada $MAT > 3,46$ m dan $\leq 5,72$ m.

Penurunan MAT dapat dilakukan dalam beberapa cara, bergantung pada efisiensi dan nilai ekonomis dari aplikasinya. Proses dewatering dapat dilakukan dengan memasang penyalur air pada dinding lereng atau dengan menggunakan pompa air pada permukaan

lereng dengan jarak tertentu atau pada lokasi tertentu sehingga mendapatkan kedalaman MAT yang diinginkan.

5. KESIMPULAN

Material lereng LR-2A merupakan lanau dengan plastisitas tinggi (MH) berwarna coklat, bersifat kohesif (dalam kondisi alami), sedangkan lereng memiliki tinggi 9 m dan lebar 44,8 m dengan sudut kemiringan lereng 63° . Di bawahnya terdapat batuan sedimen berupa batupasir. Sifat fisik dan mekanik tanah berupa γ_{dry} 11.685 kN/m³, γ_{wet} 18.309 kN/m³, c 32.37 kN/m², dan ϕ 34.1° , sedangkan sifat fisik dan material batupasir halus yaitu γ 19 kN/m³, c 37.323 kN/m², dan ϕ 38.4° . Lereng dipengaruhi oleh seismic load horizontal 0.523 dan seismic load vertical 0.261.

Dari hasil simulasi diperoleh pengaruh kedalaman MAT terhadap nilai FS. Semakin dalam MAT maka semakin tinggi nilai FS. Hal ini menandakan bahwa terdapat hubungan yang berbanding lurus antara kedalaman MAT dengan nilai FS. Hal ini dibuktikan dengan persamaan $FS=0.7289(MAT)0.3093$. Berdasarkan metode Bishop lereng akan stabil jika kedalaman MAT lebih dari 5,72 m. Untuk menjaga agar MAT tetap dalam kedalaman tersebut perlu dilakukan dewatering, baik dengan cara dipompa maupun dengan menggunakan penyalir air.

Untuk melakukan penurunan tinggi muka air tanah dapat dilakukan proses dewatering. Proses ini bermacam-macam metodenya, bergantung dengan kondisi material dan geometri lereng yang ada. Namun pada umumnya air tanah dapat dipompa hingga turun tinggi muka airnya. Metode lain yang dapat digunakan ialah

menggunakan penyalir air pada dinding lereng. Selain itu untuk memperkuat lereng dapat ditambah dinding penahan ataupun membuat bronjong pada dinding lereng.

UCAPAN TERIMAKASIH

Dengan terselesaikannya artikel ilmiah ini, penulis menyampaikan terima kasih kepada Prof. Ir. Mega Fatimah Rosana, Ph. D. sebagai ketua penelitian ALG di wilayah Geopark Ciletuh yang telah mendanai penelitian untuk artikel ilmiah ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. *Peta Zonasi Gempa Indonesia*. Tersedia pada http://puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain_spektra_indonesia_2011/ (diakses Mei 2017)
- Choudury, D. and Sanjay N. 2005. *Seismic Passive Resistance By Pseudo-Dynamic Method*. Geotechnique 55, No. 9, 699–702
- Pujianto, E. 2016. *Pengaruh Kedalaman Perendaman Terhadap Kestabilan Lereng Terendam*. M&E Volume 14 No. 1
- Zakaria, Z. 2009. *Analisis Kestabilan Lereng Tanah*. Tersedia pada http://blogs.unpad.ac.id/zufialdi_zakaria/ (diakses pada November 2016)
- Zakaria, Z. 2011. *Analisis Kestabilan Lereng Tanah*. Tersedia pada http://blogs.unpad.ac.id/zufialdi_zakaria/ (diakses pada November 2016)